

- моральный и физический износ основных фондов;
- рост стоимости тарифа полезного отпуска теплоты конечному потребителю;
- отсутствие конкуренции на рынке.

#### Список использованных источников

1. Некрасов А. С. Современное состояние теплоснабжения России / А. С. Некрасов, Ю. В. Синяк, С. А. Воронина, В. В. Семикашев // Проблемы прогнозирования. 2011. № 1. С. 30–43.
2. Башмаков И. А. Анализ основных тенденций развития систем теплоснабжения России / И. А. Башмаков // Энергетическая политика. 2009. № 2. С. 10–25.
3. Дёмина О. В. Рынки тепловой энергии: тенденции пространственной организации / О. В. Дёмина // Пространственная экономика. 2016. № 4. С. 33–60.
4. Федеральная служба государственной статистики [Электронный ресурс]. URL: <http://www.gks.ru/> (дата обращения 10.11.2017).
5. О ситуации с теплоснабжением в Российской Федерации: отчет Фонда энергетического развития [Электронный ресурс]. URL: <http://www.energosovet.ru/stat880.html> (дата обращения 10.11.2017).

УДК 66.045.126

## **ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА ANSYS FLUENT ПРИ РАСЧЕТЕ ПЛАСТИНЧАТОГО ТЕПЛООБМЕННИКА**

## **EXPERIENCE OF APPLICATION OF THE ANSYS FLUENT PROGRAM COMPLEX WHILE CALCULATING THE PLATE EXCHANGER**

Латыпова Ю. М., Долинин Д. А., Никишов В. Ф.  
Ивановский государственный энергетический университет,  
г. Иваново, [tevp@tvp.ispu.ru](mailto:tevp@tvp.ispu.ru)

Latypova Y. M., Dolinin D. A., Nikishov V. F.  
Ivanovo State Power Engineering University, Ivanovo

**Аннотация:** Разработана математическая модель пластинчатого теплообменника в программном комплексе ANSYS Fluent. Получены поля температур и скоростей теплоносителей при различных режимах. Модель позволяет выполнять тепловой и гидравлический расчеты пластинчатого теплообменника.

**Abstract:** The mathematical model of the plate heat exchanger in the ANSYS Fluent software is developed. Fields of temperatures and velocities of coolants are obtained under various regimes. The model allows performing thermal and hydraulic calculations of the plate heat exchanger.

**Ключевые слова:** *пластинчатый теплообменник, теплопередача, математическая модель, Ansys Fluent, теплогидравлический расчет.*

**Key words:** *plate heat exchanger, heat transfer, mathematical model, Ansys Fluent, heat and hydraulic calculation.*

Пластинчатый теплообменник относится к типу поверхностных теплообменных аппаратов, т. е. среды участвующие в процессе теплообмена не смешиваются, а только обмениваются теплом через разделяющую их стенку. Конструктивно пластинчатый теплообменник представляет собой пакет теплообменных пластин и прокладок [1]. В данной работе исследуется пластинчатый рекуператор с размерами теплообменного модуля 1680×1680×1250 мм, предназначенный для нагрева воздуха дымовыми газами после печи.

Модули собираются из оребренных панелей. В каждом из модулей организовано перекрёстное движение теплоносителей. В целом по рекуператору обеспечивается противоток.

Рассмотрение полной геометрии (пластины, ребра + воздух + газ) приводит либо к низкому качеству расчетной сетки, что делает невозможным качественный расчет, либо к большому количеству элементов, что также делает расчет невозможным на имеющихся вычислительных мощностях.

Предложено при расчетах заменить исходный пластинчатый теплообменник с оребрением аналогичным по количеству передаваемой теплоты теплообменником без оребрения. Данное упрощение вносит определенную погрешность, однако, позволяет снизить число элементов, повысить качество расчетной сетки и выполнить тепловой расчет.

Уравнение теплопередачи для теплообменника имеет вид [2]:

$$Q = k \cdot (t_1 - t_2) \cdot F \quad (1)$$

где  $k$  – коэффициент теплопередачи;

$t_1$  и  $t_2$  – температура горячего и холодного теплоносителя;

$F$  – площадь поверхности теплопередачи.

Выбор эквивалентного теплообменника без оребрения производился на основании допущения о равенстве тепловых потоков  $Q_{исх} = Q_{экв}$  и коэффициентов теплопередачи  $k_{исх} = k_{экв}$ . Следовательно, можно сделать вывод о равенстве площадей поверхности теплопередачи в обоих теплообменниках

$$F_{исх} = F_{экв} \quad (2)$$

где  $F_{исх}$  – поверхность теплообмена с оребрением,

$F_{экв}$  – поверхность теплообмена без оребрения.

Таким образом, для дальнейших расчетов приняты размеры модуля теплообменника без оребрения  $3,15 \times 3,15$  м. Площади поверхности нагрева в двух теплообменниках на стороне воздуха практически совпадают  $771 \approx 774 \text{ м}^2$ . На стороне дымовых газов площадь поверхности нагрева для исходного теплообменника больше:  $837 > 744$ . Предполагаем, что при расчетах указанная разница будет компенсировать разность температур пластины и ребра, так как в исходном теплообменнике температура пластины выше, чем температура ребра.

После проведения расчета в ANSYS Fluent можно оценить результаты, построив объемные распределения интересующих нас полей, таких как поле скоростей, температур, давлений (рис. 1).

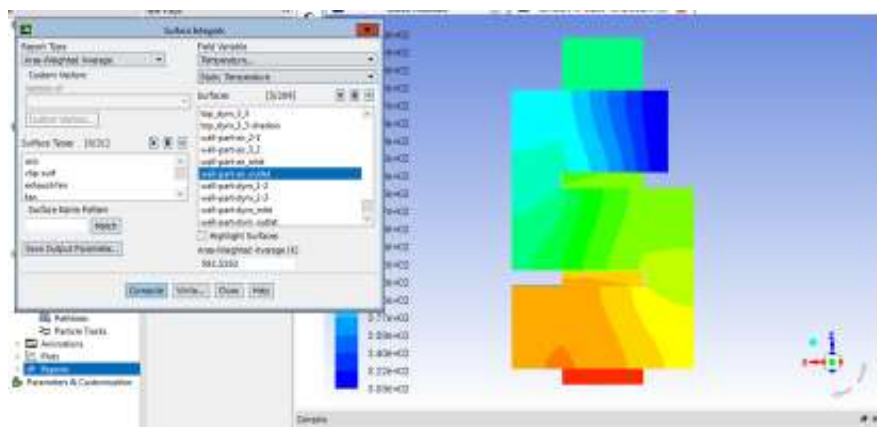


Рис. 1. Температурное поле воздуха и дымовых газов

Для проверки исходного допущения о равенстве коэффициентов теплоотдачи исходного теплообменника с оребрением ( $1681,5 \times 1681,5$  мм) и расчетного теплообменника без оребрения ( $1350 \times 1350$  мм) были проведены гидравлические расчеты для обоих вариантов. В качестве расчетной области выбирался один модуль теплообменника (4 канала по воздуху + 3 канала по дыму). В качестве граничных условий задавался массовый расход и температура теплоносителей на входе.

Для сравнения режимов течения газов были рассчитаны гидравлические характеристики каналов. Анализ показывает, что скорость движения дымовых газов и воздуха в каналах при переходе от исходной модели к расчетной снизилась примерно в два раза, гидравлический диаметр увеличился с 0,02 и 0,03 м до 0,04 и 0,05 м, соответственно. Однако, числа Рейнольдса для дымовых газов и воздуха равны 7407 и 5630 в исходной модели и 5890 и 5789 в расчетной, соответственно. На основании этого можно сделать вывод о том, что режимы течения в исходном теплообменнике с оребрением и в расчетном теплообменнике без оребрения, совпадают.

Проверка адекватности построенной математической модели была проведена путем сравнения полученных температур теплоносителей на выходе с данными, предоставленными изготовителем теплообменника.

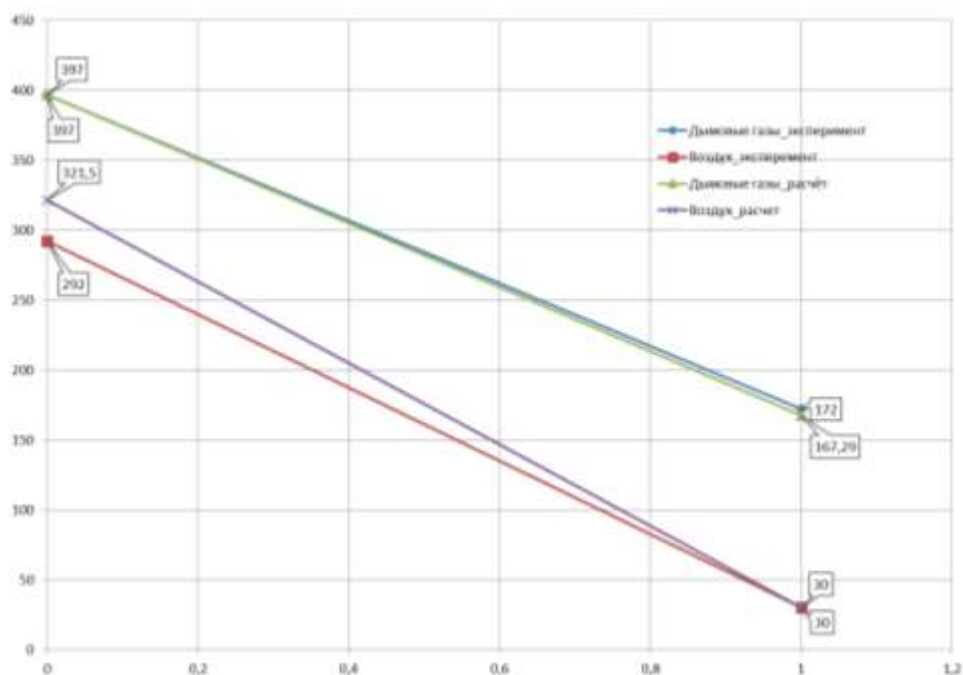


Рис. 2. Температуры теплоносителей

Погрешность расчета температур в Ansys Fluent составила 9 % для воздуха и 3 % для дымовых газов по сравнению с данными производителя теплообменника.

#### Список использованных источников

1. Кейс В. М. Компактные теплообменники / В. М. Кейс, А. Л. Лондон. – М. : Госэнергоиздат, 1962. – 223 с.
2. Чичиндаев А. В. Оптимизация компактных пластинчато-ребристых теплообменников / А. В. Чичиндаев. – Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2003. 399 с.

УДК 69.035.2

## ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫЕ РЕШЕНИЯ ГОРНОЛЫЖНОГО КОМПЛЕКСА

## ENERGY EFFICIENT SOLUTIONS OF THE SNOW COMPLEXES

Лоренц Т. А., Каганович Н. Н.

Уральский федеральный университет, г. Екатеринбург,

tanyalorenc@yandex.ru